

レールのテルミット溶接方法

今回紹介します発明は、主要なレール溶接方法であるテルミット溶接において、作業性および疲労強度の向上を図る方法であり、特に、後述するワイドギャップ法適用下で効果を発揮します。

軌道保守コスト削減や騒音・振動の低減のため、ロングレールの適用が一般的になっており、日本では溶接方法として、フラッシュ溶接、ガス圧接、エンクローズアーク溶接、およびテルミット溶接が使用されています。中でもテルミット溶接は、使用器具が軽量で機動性に優れ、さらに溶接時間が比較的短いなどの理由により、現地溶接法として広く利用されており、JRグループにおけるレール溶接総施工数のうちの約4割を占めています(図1)。

レールのテルミット溶接では、間隔を設けて設置した被溶接レールの周囲を鋳型で取り囲み、その鋳型中へテルミット反応により生成した溶鋼を注入し、溶接します。テルミット溶接の場合、アーク溶接におけるアークのような集中熱源を用いないため、溶け込み不良の防止を目的に予熱が行われ、さらにレール表面付近に十分な熱が加わるように、比較的大きい余盛(コブ)を形成させます。このため、溶接部への投入熱量が比較的大きくなり、溶鋼を注入してから常温、すなわち溶接施工後の仕上がり検査が実施できる温度に至るまで、約40分を要しています。テルミッ

ト溶接は、主に作業時間の制約を受ける軌道上での溶接に適用されており、作業時間を短縮する目的から水冷が実施される場合がありますが、高温から急冷した場合、硬くて脆いマルテンサイト組織が生成し、溶接部が損傷する恐れがあります。このため、レール温度300℃以上での水冷は禁止されており、水冷によって、これ以上の作業時間短縮は図り難いというのが現状です。特に、ワイドギャップ法では、溶接金属量が多く、溶接部がより冷めにくいいため、冷却時間の確保が実施工上の問題となります。また、テルミット溶接部は、レール腹・底部の余盛をそのまま残した状態で実用に供するため、余盛付け根部が応力集中源となります(図2)。したがって、実用上問題のない強度特性を有しているものの、疲労強度が他の溶接による溶接部と比べてやや劣ります。

以上のような背景の中、テルミット溶接部の品質を保持しつつ冷却時間の短縮化を図り、かつ疲労強度の向上を図ることを目的に本方法を考案しました。本方法の適用手順は非常にシンプルであり、『①レールのテルミット溶接施工において、レール頭部の余盛を除去する。②レール頭部を、レール底部の温度降下速度より速い冷却速度となるよう強制空冷する。』ことにより、上述の効果が得られます。

なお、ワイドギャップ法施工下において本方法による強制空冷を実施した場合、溶鋼注入後溶接部の頭部が300℃になるまでの所要時間は約25分であり、適用しない場合に比べて、所要時間をおよそ1/2に短縮可能です。さらに、本方法を適用することで疲労強度を15%程度向上できます(図3)。

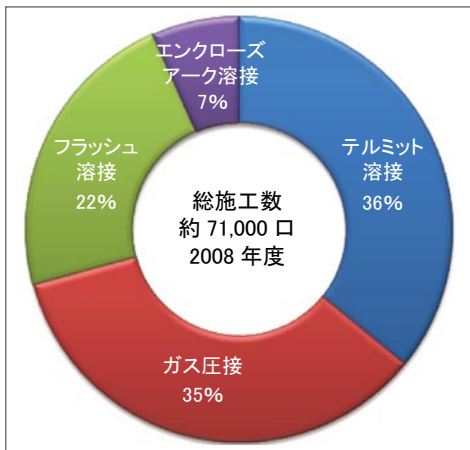


図1 各レール溶接法の適用比率 (JRグループ)

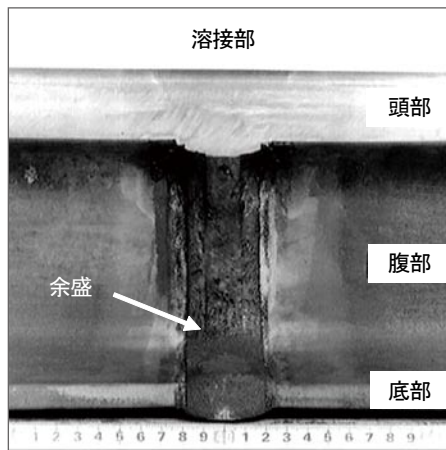


図2 テルミット溶接部の側面状況

発明余話

通常のテルミット溶接法（標準法）では、被溶接レール間に25mm程度の間隔を設けて溶接作業を行います。それに対して、設定間隔を約3倍の70～75mmとし溶接施工するのがワイドギャップ法です。溶接部損傷あるいはレールきずが発生した場合、在来線では通常、損傷箇所を中心として6m程度のレール更替を行い、その両端をテルミット溶接して復旧しています。それに対し、ワイドギャップ法を適用すれば、溶接欠陥あるいは70mm程度以下のきずの場合、当該箇所をワイドギャップ法の開先範囲内で切除することで、レール更替が不要となり、溶接施工も1箇所ですみます。しかし、ワイドギャップ法は標準法に比べて溶接金属量が多いため、冷めにくく、また、レール底部領域の残留応力分布に起因し、溶接のままでは、標準法に比べても疲労強度が低下するという問題点があります。疲労強度の低下については、溶接施工時に実感できるものではありませんが、ワイドギャップ溶接部の熱容量には圧倒されます。とにかく、ワイドギャップ法を用いるには、溶接施工の観点から、溶接部の効果的な除熱方法を見出す必要がありました。

一方、圧縮残留応力が疲労強度向上に有効であると一般に言われていますが、冷却後の溶接部残留応力分布は、どの部位の温度低下が先行するかといった溶接部全体の冷却形態に大きく左右されます。そこで、テルミット溶接部の効果的な除熱と溶接部における冷却形態の大幅な変更を同時に達成し得る手法を探索し、その結果考案したのが頭部を強制空冷する本方法です。レール頭部は他の部位に比べて容積が大きく、溶接施工中においては多量の熱が存在しています。したがって、頭部領域が有する熱を強制的に除

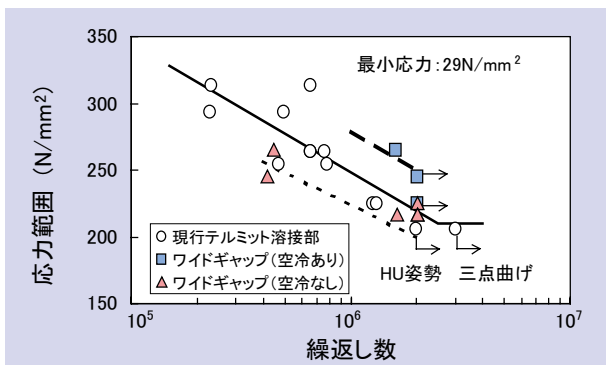


図3 頭部強制空冷の疲労強度に及ぼす影響

《権利メモ》

発明の名称：レールのテルミット溶接方法

概要：レールのテルミット溶接方法において、冷却時間の短縮化および、疲労強度の向上を図る方法。

出願番号：特願2001-65300 (2001. 3. 8)

公開番号：特開2002-263866 (2002. 9.17)

登録番号：特許第4351402号 (2009. 7.31)

総研発明者：深田康人、山本隆一

共願者：(株)峰製作所

熱することで、効率的な冷却が実現でき、さらに、溶接部全体の冷却形態を大きく変えることができるのではないかとこの発想が根底にありました。ただし、空冷とはいえ冷却速度を著しく高めた場合、硬度が高くなり過ぎることが懸念されたため、検討を進める中で、硬度の状況には十分留意しました。

図4に、本方法による強制空冷を適用したワイドギャップ溶接部のレール底部領域の残留応力分布を本方法を適用しない場合と比較して示します。本方法を適用することで、レール底面部での圧縮残留応力レベルが増大しており、このことが疲労強度の向上に寄与したと考えています。

本方法は、ワイドギャップ法の採用を目的に考案した手法ですが、標準法に適用した場合でも、冷却時間を10分程度短縮できます。

(軌道技術研究部 レール溶接 山本隆一)

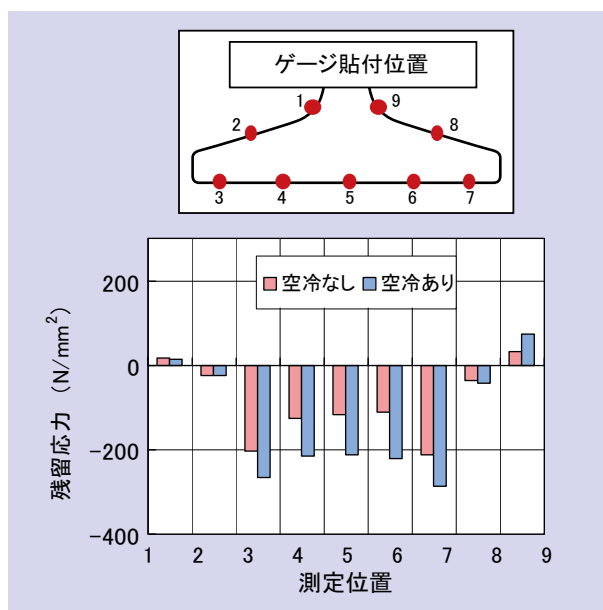


図4 本方法によるレール底部残留応力の改善効果 (ワイドギャップ溶接部)